

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-13191
(P2003-13191A)

(43) 公開日 平成15年1月15日 (2003.1.15)

(51) IntCl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 2 2 F 1/04		C 2 2 F 1/04	B 4 E 0 2 9
			Z
B 2 1 C 23/00		B 2 1 C 23/00	Z
23/08		23/08	A
C 2 2 C 21/00		C 2 2 C 21/00	L
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-197048 (P2001-197048)

(22) 出願日 平成13年6月28日 (2001.6.28)

(71) 出願人 000004064

日本碍子株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号

(72) 発明者 安藤 孝志

愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日

本碍子株式会社内

(74) 代理人 100088616

弁理士 渡邊 一平

Fターム(参考) 4E029 AA06 MB02 SA02 TA08

(54) 【発明の名称】 アルミニウムを主成分とする金属製直管及びその製造方法、並びに検査方法

(57) 【要約】

【課題】 高温条件下、又はヒートサイクルが負荷される環境下であっても、変形・破損等が発生し難く、長期耐久性を有するとともに、伸延加工等も可能、かつ、低製造コストであるアルミニウムを主成分とする金属製直管を提供する。

【解決手段】 圧着により製管されたアルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管が完全焼鈍されてなることを特徴とする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧着により製管されたアルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管が完全焼鈍されてなることを特徴とするアルミニウムを主成分とする金属製直管。

【請求項2】 ビッカース硬度が40MHV以下であるとともに、
圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が5MHV以下である請求項1に記載のアルミニウムを主成分とする金属製直管。

【請求項3】 アルミニウムを主成分とする金属製直管を構成する金属組織の平均結晶粒径が $160\mu\text{m}$ 以下であるとともに、
圧着部位と非圧着部位との金属組織の平均結晶粒径の差が $50\mu\text{m}$ 以下である請求項1又は2に記載のアルミニウムを主成分とする金属製直管。

【請求項4】 アルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管を完全焼鈍することを特徴とするアルミニウムを主成分とする金属製直管の製造方法。

【請求項5】 ビッカース硬度が40MHV以下、かつ、
圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が5MHV以下となるまで完全焼鈍する請求項4に記載のアルミニウムを主成分とする金属製直管の製造方法。

【請求項6】 アルミニウムを主成分とする金属製直管を構成する金属組織の平均結晶粒径が $160\mu\text{m}$ 以下、かつ、
圧着部位と非圧着部位との金属組織の平均結晶粒径の差が $50\mu\text{m}$ 以下となるまで完全焼鈍する請求項4又は5に記載のアルミニウムを主成分とする金属製直管の製造方法。

【請求項7】 アルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管が完全焼鈍されてなる試料用金属製直管と、
ポートホール方式で製造されているが、完全焼鈍は実施されていないアルミニウム製又はアルミニウム合金製の対照用金属製直管とを用意し、
該試料用金属製直管、及び該対照用金属製直管の開口端部をフレア形状に加工し、
フレア形状に加工された該開口端部において、ポートホール方式による製造過程で形成された圧着部位における金属組織により現される三角状模様を確認し、
確認された該試料用金属製直管の該三角状模様と、該対照用金属製直管の該三角状模様を比較することにより、
該試料用金属製直管の該圧着部位の圧着状態を評価することを特徴とするアルミニウムを主成分とする金属製直管の検査方法。

【請求項8】 対照用金属製直管の三角状模様に比して、試料用金属製直管の三角状模様の濃淡が薄い、及び／又は、面積が小さい場合に、

該試料用金属製直管の該圧着部位の圧着状態が良好であると評価する請求項7に記載のアルミニウムを主成分とする金属製直管の検査方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、高温条件下において長期間の耐久性を示すアルミニウムを主成分とする金属製直管、及びその製造方法、並びに、当該アルミニウムを主成分とする金属製直管の検査方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、アルミニウムやアルミニウム合金等の材料からなる金属製直管の製造方法としては、マンドレル（芯金）を用いた押出し法であるマンドレル方式と、分割金型を用いた押出し法であるポートホール方式とがあり、マンドレル方式によって製造された金属製直管のことはマンドレル管（継目無し管）又はマンドレル直管、ポートホール方式によって製造された金属製直管のことはポートホール管（継目管）又はポートホール直管と称されている。

【0003】 有穴ビレットを用いて作製されたマンドレル直管は継目部（圧着部位）がないために、金属製直管全体の材質、即ち金属組織が均一であるとともに、均一な強度分布を示す。

【0004】 一方、ポートホール直管は高温条件下（ $450\sim 550^{\circ}\text{C}$ ）においてアルミニウムの接合が可能なことを利用し、熱間押出し、及びこれに続く冷間引抜きによって、複数の部分を圧着して作製された金属製直管であり、3～6箇所の圧着部位を有するものが一般的である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、マンドレル直管の製造工程においては、金属材料の押出し時に芯金が振れ易い。このため、金属製直管の肉厚が不均一となったり、偏肉が生じたりする場合が多く、薄肉製品や断面形状が複雑な製品の製造が困難であるといった問題がある。また、多段階の引出し工程と焼鈍工程が必要とされ、かつ、歩留りが悪い。従って、ポートホール直管に比してコスト高な製造方法であるといった問題もある。

【0006】 これに対して、ポートホール方式は極めて低コストな製造方法であり、また、薄肉製品等にも対応することができる。しかし、ポートホール直管には圧着部位があり、圧着部位と非圧着部位の物理的性質や金属組織が異なっている。従って、例えば高温（ $\sim 200^{\circ}\text{C}$ ）やヒートサイクルが負荷される環境下においては、冷間引抜き時に生じた加工歪に起因して圧着部位の優先的な伸延等が生じ、稀に変形や損傷が起こる場合も想定される。

【0007】 更に、ポートホール直管は、その圧着部位近辺の金属組織の不均一性に起因して、スエーピング

加工等の圧縮加工には強いが、バルジ加工等の拡張、伸延加工に対しては著しく弱いといった問題点がある。このため、金属製直管の使用条件や環境による制約を受ける場合がある。

【0008】 本発明は、このような従来技術の有する問題点を鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、高温条件下、又はヒートサイクルが負荷される環境下であっても、変形・破損等が発生し難く、長期耐久性を有するとともに、伸延加工等も可能、かつ、低製造コストであるアルミニウムを主成分とする金属製直管、及び、当該アルミニウムを主成分とする金属製直管の製造方法、並びに、当該アルミニウムを主成分とする金属製直管の圧着部位の圧着状態を簡便に評価することが可能な、アルミニウムを主成分とする金属製直管の検査方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 即ち、本発明によれば、圧着により製管されたアルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管が完全焼鈍されてなることを特徴とするアルミニウムを主成分とする金属製直管が提供される。

【0010】 本発明においては、ビッカース硬度が40MHV以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が5MHV以下であることが好ましく、また、アルミニウムを主成分とする金属製直管を構成する金属組織の平均結晶粒径が $160\mu\text{m}$ 以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位との金属組織の平均結晶粒径の差が $50\mu\text{m}$ 以下であることが好ましい。

【0011】 一方、本発明によれば、圧着により製管されたアルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管を完全焼鈍することを特徴とするアルミニウムを主成分とする金属製直管の製造方法が提供される。

【0012】 本発明においては、ビッカース硬度が40MHV以下、かつ、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が5MHV以下となるまで完全焼鈍することが好ましく、また、アルミニウムを主成分とする金属製直管を構成する金属組織の平均結晶粒径が $160\mu\text{m}$ 以下、かつ、圧着部位と非圧着部位との金属組織の平均結晶粒径の差が $50\mu\text{m}$ 以下となるまで完全焼鈍することが好ましい。

【0013】 また、本発明によれば、アルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管が完全焼鈍されてなる試料用金属製直管と、ポートホール方式で製造されているが、完全焼鈍は実施されていないアルミニウム製又はアルミニウム合金製の対照用金属製直管とを用意し、該試料用金属製直管、及び該対照用金属製直管の開口端部をフレア形状に加工し、フレア形状に加工された該開口端部において、ポートホール方式による製造過程で形成された圧着部位における金属組織により現される三角状模様を確認し、確認された該試料用金属製直

管の該三角状模様と、該対照用金属製直管の該三角状模様を比較することにより、該試料用金属製直管の該圧着部位の圧着状態を評価することを特徴とするアルミニウムを主成分とする金属製直管の検査方法が提供される。

【0014】 本発明においては、対照用金属製直管の三角状模様に比して、試料用金属製直管の三角状模様の濃淡が薄い、及び/又は、面積が小さい場合に、試料用金属製直管の圧着部位の圧着状態が良好であると評価することが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、適宜、設計の変更、改良等が加えられることが理解されるべきである。

【0016】 本発明の一実施態様は、アルミニウムを主成分とする金属製直管であり、圧着により製管されたアルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管が完全焼鈍されてなることを特徴とするものである。以下、その詳細について説明する。

【0017】 本発明のアルミニウムを主成分とする金属製直管（以下、「A1直管」と記す。）の構成材料であるアルミニウム又はアルミニウム合金とは、例えばJISA1100、A1050、2S材等の一般工業用純アルミニウムや、JISA3003（3S材）等のアルミニウム合金である。ここで、本発明にいう「アルミニウムを主成分とする」とは、構成成分であるアルミニウムの物理的・化学的特性が顕著に現れるように含有している状態であることを意味する。従って、このような特性が損なわれない材料であれば、本発明のA1直管の構成材料は前述のアルミニウム又はアルミニウム合金の例に限定されるものではない。

【0018】 本発明のA1直管は、ポートホール方式により製造されたアルミニウム製又はアルミニウム合金製のポートホール直管（以下、「A1ポートホール直管」と記す。）が完全焼鈍（O材化）されてなるものである。ここで、完全焼鈍とは、ポートホール方式による製造過程において形成された圧着部位における金属組織の結晶粒を均一化するために実施されるものであり、例えば $410\sim 520^{\circ}\text{C}$ 、3～5時間程度加熱した後、空冷又は炉冷することにより実施される。

【0019】 即ち、本発明のA1直管は完全焼鈍されているために、ポートホール方式による製造過程において形成された圧着部位と、非圧着部位との材質が均一化されている。従って、ポートホール方式による製造過程における冷間引抜き時に生じた加工歪が除去されている。このため、本発明のA1直管は圧着部位の優先的な伸延等が生じ難く、変形や損傷等の不具合が起り難い。

【0020】 更に、本発明のA1直管はポートホール

方式にて製造された直管を材料として採用しているために、その工程数が少なく、歩留りも良好である。また、A1ポートホール直管製造用の型の耐用も長く、マンドレル方式に比べて製造コストが安い。

【0021】 更に、本発明のA1直管は、ビッカース硬度が40MHV以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が5MHV以下であることが好ましい。即ち、完全焼鈍後のビッカース硬度が当該数値に規定されていることにより、圧着部位と非圧着部位との材質が、より均一化されている。従って、高温条件下、又はヒートサイクルが負荷される環境下であっても、変形や損傷等の不具合が更に起こり難いといった効果を奏する。

【0022】 なお、より一層の前記効果を発揮するためには、本発明のA1直管はビッカース硬度が35MHV以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が4MHV以下であることが更に好ましく、ビッカース硬度が30MHV以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が3MHV以下であることが特に好ましい。

【0023】 本発明のA1直管は、高温条件下、又はヒートサイクルが負荷される環境下であっても、優れた長期耐久性を有するため、これらの特性が生かされる部材、例えば、ナトリウム-硫黄電池（以下、「NAS電池」と記す。）用陽極容器等として好適に採用される。

【0024】 また、本発明においては前記ビッカース硬度の下限值については特に限定されるものではないが、各種部材、例えば、NAS電池用陽極容器等として用いることを想定した場合の実質的な強度確保といった観点からは、27MHV以上であればよい。

【0025】 本発明においては、A1直管を構成する金属組織の平均結晶粒径が160 μ m以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位との金属組織の平均結晶粒径の差が50 μ m以下であることが好ましい。即ち、完全焼鈍後の金属組織の平均結晶粒径が当該数値に規定されていることにより、圧着部位と非圧着部位との材質が、より均一化されており、変形や損傷等の不具合が更に起こり難いといった効果を奏する。なお、より一層の効果を発揮するためには、本発明のA1直管は金属組織の平均結晶粒径が140 μ m以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位との平均結晶粒径の差が40 μ m以下であることが更に好ましく、金属組織の平均結晶粒径が120 μ m以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位との平均結晶粒径の差が30 μ m以下であることが特に好ましい。

【0026】 また、本発明においては前記金属組織の平均結晶粒径の下限值については特に限定されるものではないが、各種部材、例えば、NAS電池用陽極容器等として用いることを想定した場合の実質的な強度確保といった観点、及び実質的な製造条件等を考慮すれば、8

0 μ m以上であればよい。

【0027】 本発明の別の実施態様は、A1直管の製造方法であり、圧着により製管されたA1ポートホール直管を完全焼鈍することを特徴とする。以下、製造方法の一例を挙げ、更なる詳細について説明する。

【0028】 まず、材料となるA1ポートホール直管を用意する。用いるA1ポートホール直管の構成材料であるアルミニウム又はアルミニウム合金とは、例えばJISA1100、A1050、2S材等の一般工業用純アルミニウムや、JISA3003（3S材）等のアルミニウム合金である。

【0029】 用意したA1ポートホール直管を完全焼鈍する。完全焼鈍の実施条件は、A1ポートホール直管の構成材料、サイズ等にも左右されるため一概に決定されるものではないが、例えば、得られるA1直管について高温条件下での使用が想定される場合には、その使用温度以上で実施されることが好ましい。更に具体的には、410～520℃、3～5時間実施すればよい。

【0030】 A1ポートホール直管を完全焼鈍することにより、ポートホール方式による製造過程において形成された圧着部位と、非圧着部位との材質が均一化される。従って、ポートホール方式による製造過程における冷間引抜き時に生じた加工歪を除去することができ、圧着部位の優先的な伸延等が生じ難く、変形や損傷等の不具合が起こり難いA1直管を製造することができる。

【0031】 更に、本発明においてはビッカース硬度が40MHV以下、かつ、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が5MHV以下となるまで完全焼鈍することが好ましい。このことにより、圧着部位と非圧着部位との材質を、より均一化することができる。従って、高温条件下、又はヒートサイクルが負荷される環境下であっても、変形や損傷等の不具合が更に起こり難いA1直管を提供することができる。

【0032】 なお、前記不具合がより一層起こり難いA1直管を提供するといった観点からは、ビッカース硬度が35MHV以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が4MHV以下となるまで完全焼鈍することが更に好ましく、ビッカース硬度が30MHV以下であるとともに、圧着部位と非圧着部位とのビッカース硬度の差が3MHV以下となるまで完全焼鈍することが特に好ましい。

【0033】 また、本発明においては前記ビッカース硬度の下限值については特に限定されるものではないが、各種部材、例えば、NAS電池用陽極容器等として用いることを想定した場合の実質的な強度確保といった観点からは、27MHV以上であればよい。

【0034】 本発明においては、A1直管を構成する金属組織の平均結晶粒径が160 μ m以下、かつ、圧着部位と非圧着部位との金属組織の平均結晶粒径の差が50 μ m以下となるまで完全焼鈍することが好ましい。即

ち、完全焼鈍後の金属組織の平均結晶粒径を当該数値とすることにより、圧着部位と非圧着部位との材質が、より均一化されるために、変形や損傷等の不具合が更に起こり難いA1直管を製造することができる。なお、不具合の回避をより一層図るためには、金属組織の平均結晶粒径を $140\mu\text{m}$ 以下、かつ、圧着部位と非圧着部位との平均結晶粒径の差を $40\mu\text{m}$ 以下となるまで完全焼鈍することが更に好ましく、金属組織の平均結晶粒径を $120\mu\text{m}$ 以下、かつ、圧着部位と非圧着部位との平均結晶粒径の差を $30\mu\text{m}$ 以下となるまで完全焼鈍することが更に好ましい。

【0035】 また、本発明においては前記金属組織の平均結晶粒径の下限值については特に限定されるものではないが、各種部材、例えば、NAS電池用陽極容器等として用いることを想定した場合の実質的な強度確保といった観点、及び実質的な製造条件等を考慮すれば、 $80\mu\text{m}$ 以上であればよい。

【0036】 次に、本発明の更に別の実施態様について説明する。本発明の更に別の実施態様は、A1直管の検査方法である。まず、アルミニウム又はアルミニウム合金製のポートホール直管が完全焼鈍されてなる試料用金属製直管と、ポートホール方式で製造されているが、完全焼鈍は実施されていないアルミニウム製又はアルミニウム合金製の対照用金属製直管とを用意する。次に、試料用金属製直管と対照用金属製直管の各々の開口端部をフレア形状に加工し、フレア形状に加工された開口端部において、ポートホール方式による製造過程で形成された圧着部位における金属組織により現される三角状模様を確認する。続いて、確認された試料用金属製直管の三角状模様と、対照用金属製直管の三角状模様とを比較することにより、試料用金属製直管の圧着部位の圧着状態を評価することの特徴とする。以下、その詳細について説明する。

【0037】 図2は本発明のA1直管の検査方法を模式的に説明する断面図である。適当な把持具10に固定された試料用金属製直管11の開口端部12に、適当な形状・サイズの押し治具13を嵌合し、反対側の開口端部（図示せず）方向へと押し込むことによって、開口端部12をフレア形状に加工する。同様の操作を、試料用金属製直管と実質的に同サイズの対照用金属製直管について実施することにより、図3に示すような開口端部12がフレア形状に加工された試料用金属製直管11（図3（a））と対照用金属製直管14（図3（b））を得ることができる。

【0038】 得られた対照用金属製直管14の開口端部12において、圧着部位は三角状模様15となって容易に確認される。この三角状模様15は、金属組織により形成される模様であって、材料組成やポートホール方式の製造条件等に若干左右されるが、一般的には灰色～銀白色、又はこれに類する色彩である。一方、試料用金

属製直管11の開口端部12においては、A1ポートホール直管が完全焼鈍されることにより、圧着部位の金属組織の均一化が図られている。従って、その開口端部12において三角状模様15が確認困難であるか、対照用金属製直管14の三角状模様に比して濃淡が薄い、又は、面積が小さいものとして確認される。

【0039】 本発明においては、開口端部をフレア形状に加工しているために、三角状模様を目印として、肉眼で容易に圧着部位を確認することができる。更に、図3（c）に示すように、対照用金属製直管14において確認される三角状模様15は、対照用金属製直管14の外周面側に凹部16を形成する場合が多く、このことも肉眼による圧着部位の確認を容易なものとしている。また、本発明においては、三角状模様の濃淡、及び／又は面積を元にして、圧着部位の圧着状態を評価することができる。なお、圧着状態を評価することによって、完全焼鈍の実施条件の妥当性をも評価することが可能であり、評価結果を元にして完全焼鈍の温度、時間等の条件改善を図ることができる。

【0040】 本発明においては、対照用金属製直管の三角状模様に比して、試料用金属製直管の三角状模様の濃淡が薄い、及び／又は、面積が小さい場合に、試料用金属製直管の圧着部位の圧着状態が良好であると評価することが好ましい。即ち、ポートホール方式による製造過程で形成された圧着部位の金属組織の均一化がなされている場合には、三角状模様を確認することが困難であるか、又は確認可能であっても、対照用金属製直管に比して薄い、若しくは面積が小さいため、これを指標としてA1直管の圧着部位の圧着状態を評価することが可能である。

【0041】 本発明においては、容易に確認可能な三角状模様を圧着部位の圧着状態の評価基準としているために、特に試料片を切り出す必要性がなく、また、圧着部位確認のため光学顕微鏡等を用いる必要性もない。更に、三角状模様の濃淡、面積の大小を評価基準とするため、特に硬度試験等を実施する必要性がないために、極めて簡単にA1直管の圧着部位の圧着状態を評価することができる。

【0042】

【実施例】 以下、本発明の具体的な実施結果を説明する。

（実施例1）

ポートホール方式で製造されたA1ポートホール直管（材質：JISA3003合金）を、 410°C 、3時間加熱することによる完全焼鈍を実施して、厚さ 1.8mm 、全長 550mm 、外径 $72\text{mm}\phi$ のA1直管（実施例1）を製造した。

【0043】（比較例1）ポートホール方式で製造された、実施例1と同一形状・寸法のA1ポートホール直管（比較例1）を用意した。

【0044】（長期加熱試験）実施例1、比較例1の面に、定法に従ってCrメッキ層（厚さ：15 μ m）を設け（図1）、300～400℃、7年間の長期加熱試験を実施した。なお、その間のヒートサイクルは21回であった。

【0045】（圧着部位付近の金属組織の観察）実施例1、比較例1の製造工程、及びヒートサイクル試験の途中において、経時的に金属組織の観察を行った。図4は、実施例1の圧着部位付近の金属組織（結晶粒）の状態変化を経時的に示す拡大模式図である。図4中、

（a）は熱間押し後、（b）は冷間引抜き後、（c）は完全焼鈍後、（d）は長期加熱試験7年経過後の状態を示すものである。一方、図5は、比較例1の圧着部位付近の金属組織（結晶粒）の状態変化を経時的に示す拡大模式図である。図5中、（a）は熱間押し後、

（b）は冷間引抜き後、（c）は長期加熱試験2年経過後、（d）は長期加熱試験3年経過後の状態を示すものである。

【0046】 ポートホール方式による製造過程の一工程である冷間引抜きの際に、圧着部位20においては加工硬化に起因する加工歪23が観察された。この状態で長期加熱試験を実施したところ、図5に示す比較例1の場合、いわゆる回復現象により若干の歪み解消が確認された後（図5（c））、金属組織の結晶粒22の成長

（粗大化）が起こり、軟化して変形や損傷（メッキ層2の剥離）等が発生した（図5（d））。

【0047】 これに対し、図4に示す実施例1の場合、完全焼鈍することによって金属組織の状態が均一化されており（図4（c））、その後長期間に渡る加熱試験を実施しても結晶粒22の成長は起こらず、変形や損傷等は発生しなかった（図4（d））。

【0048】（ビッカース硬度及び金属組織の平均結晶粒径の測定）実施例1のA1直管については、完全焼鈍直後、及び長期加熱試験7年経過後、比較例1の各A1直管については、長期加熱試験3年経過後に、圧着部位と非圧着部位のビッカース硬度、及び金属組織の平均結晶粒径を測定した。また、圧着部位の変形の有無を調査した。結果を表1に示す。ここで、ビッカース硬度は荷重値300gで測定した値であり、平均結晶粒径は光学顕微鏡写真（倍率： $\times 100$ ）を用いて、線分析法により測定した値である。なお、いずれの場合も圧着部位の測定値は5箇所の圧着部位の平均値にて示した。また、圧着部位の変形の調査はCrメッキ層を観察することにより行い、メッキ層に剥離等が生じた場合を「あり」、生じなかった場合を「なし」と評価した。

【0049】

【表1】

	ビッカース硬度及び金属組織の平均結晶粒径の測定時期	ビッカース硬度 (MHV)		金属組織の平均結晶粒径 (μ m)		圧着部位の変形
		圧着部位	非圧着部位	圧着部位	非圧着部位	
実施例1	完全焼鈍後	32	37	162	103	なし
	長期加熱試験7年経過後	31	36	164	106	
比較例1	—	—	—	—	—	あり
	長期加熱試験3年経過後	29	47	232	110	

【0050】（考察）表1に示す結果から明らかなように、実施例1においては、ビッカース硬度及び金属組織の平均結晶粒径、並びにこれらの圧着部位における値と非圧着部位における値との差が所定の数値以下であり、ヒートサイクル試験経過後でも、ほとんど変化することがなく、圧着部位の変形も確認することができなかった。これに対して比較例1においては、ヒートサイクル経過後に、ビッカース硬度及び金属組織の平均結晶粒径、並びにこれらの圧着部位における値と非圧着部位における値との差が所定値以上となり、圧着部位に変形を生じた。これら結果から、本発明の優位性を確認することができた。

【0051】

【発明の効果】 以上説明したように、本発明のアルミニウムを主成分とする金属製直管は、圧着により製管されたA1ポートホール直管が完全焼鈍されてなるもので

あるため、高温条件下、又はヒートサイクルが負荷される環境下であっても、変形・破損等が発生し難く、長期耐久性を有する。また、本発明のアルミニウムを主成分とする金属製直管の製造方法によれば、圧着により製管されたA1ポートホール直管を完全焼鈍するため、前述の特性を示すアルミニウムを主成分とする金属製直管を低コストで製造することができる。更に、本発明のアルミニウムを主成分とする金属製直管の検査方法によれば、A1直管の開口端部をフレア形状に加工するため、圧着部位を確認し易く、簡便にA1直管の圧着部位の圧着状態を評価することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】 内周面にメッキ層が設けられたA1直管（A1ポートホール直管）を示す断面図である。

【図2】 本発明のA1直管の検査方法を模式的に説明する断面図である。

【図3】 開口端部がフレア形状に加工された金属製直管を示す模式図であり、(a)が試料用金属製直管、(b)が対照用金属製直管、(c)がA部拡大図である。

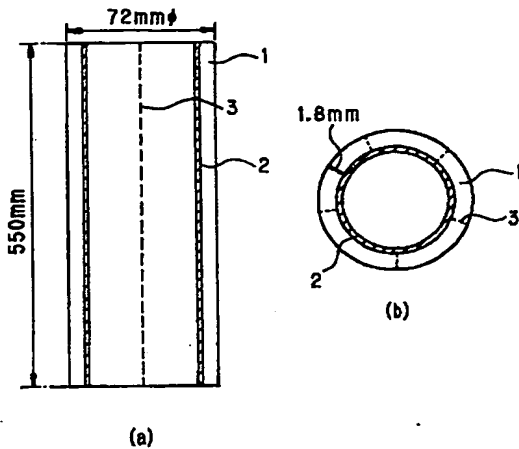
【図4】 実施例1の圧着部位付近の金属組織（結晶粒）の状態変化を経時的に示す拡大模式図である。

【図5】 比較例1の圧着部位付近の金属組織（結晶粒）の状態変化を経時的に示す拡大模式図である。

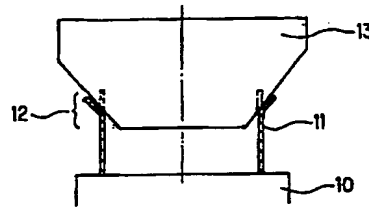
【符号の説明】

1…A1直管（A1ポートホール直管）、2…メッキ層、3…圧着部位、10…把持具、11…試料用金属製直管、12…開口端部、13…押し治具、14…対照用金属製直管、15…三角状模様、16…凹部、20…圧着部位、22…結晶粒、23…加工歪、24…内周面、25…外周面、26…成長した結晶粒。

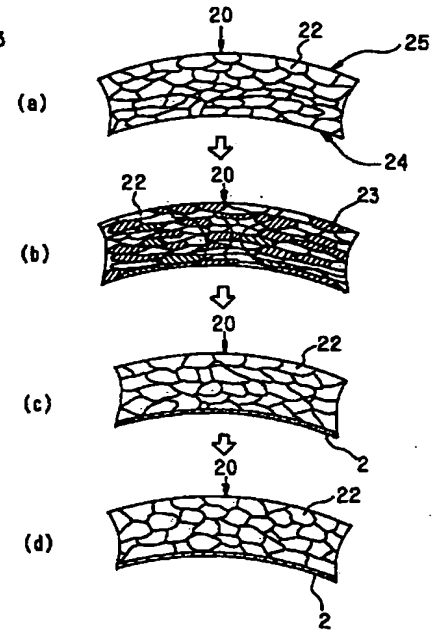
【図1】



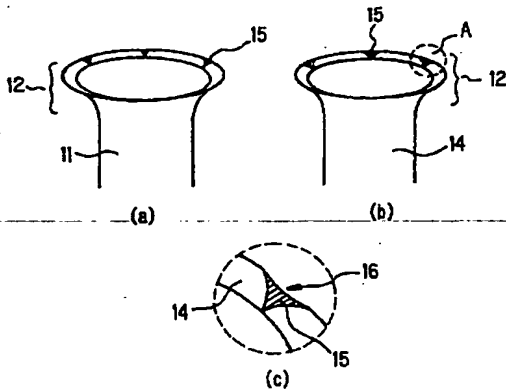
【図2】



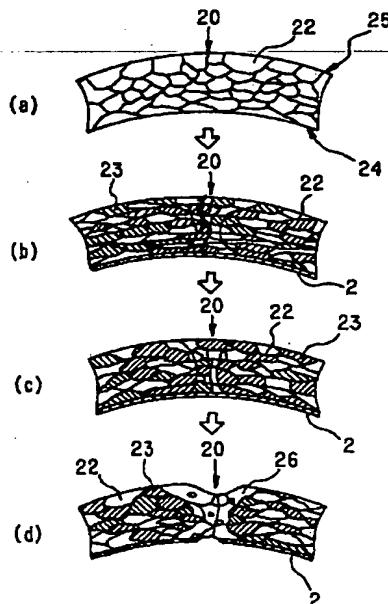
【図4】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

識別記号

F I

テ-マ-ト (参考)

C 2 2 C 21/00

C 2 2 C 21/00

N

21/12

21/12

C 2 2 F 1/057

C 2 2 F 1/057

// C 2 2 F 1/00

1/00

6 0 4

6 0 4

6 2 6

6 2 6

6 5 0

6 5 0 D

6 8 6

6 8 6 A

6 9 1

6 9 1 B

6 9 1 C